

日本のPRA用機器故障率データ

原子力リスク研究センター ワークショップ^o 2024
意思決定におけるリスク情報の活用 利点と障害

3. リスク情報利用拡大における障害(1/2)
(1) PRAモデルの信頼性を確かなものにする

吉田智朗

NRRC, CRIEPI

tomo@criepi.denken.or.jp

はじめに

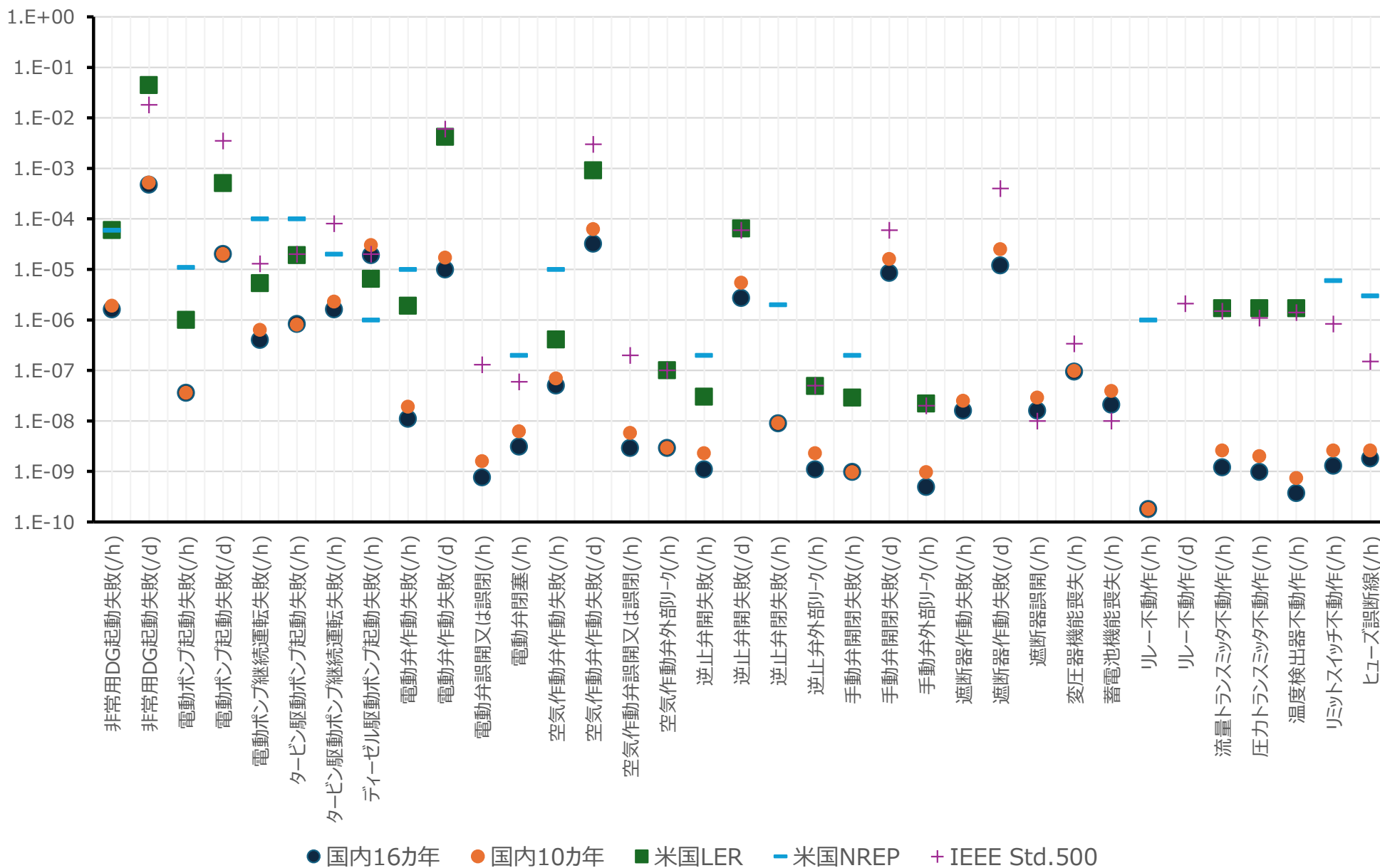
- 我が国の原子力産業へのリスク情報活用規制導入にあたり、日本のPRAモデルやPRA用故障率データの信頼性について、従来疑義がもたれている。
「故障率データ、CDF評価値が諸外国に比べて低すぎる」
- 本発表では、国内PRA機器故障率用データ整備の簡単な経緯と改善について紹介する。

国内PRA要故障率データ整備の経緯

年度	1996-2001	2009-2016	2020-現在
実施機関	電中研 旧原子力情報センター	<ul style="list-style-type: none"> 2009-2011 日本原子力技術協会(JANTI) 2012-2016 原子力安全推進協会(JANSI) ※電中研が技術支援 	電中研 NRRC
情報源	<ul style="list-style-type: none"> 故障データ: NICS*1 機器母集団: NICSにはデータなし。PRAモデルと関係なく設定 	<ul style="list-style-type: none"> 故障データ: NUCIA*2 機器母集団: NUCIAにはデータなし。PRAモデルと関係なく設定 	<ul style="list-style-type: none"> 故障データ: 個別プラント保守記録 機器母集団: プラントPRAモデルの基事象から定義
報告年 [対象期間]	1996: 10カ年[1982-1991] 34基 (⇒1997 原安協委員会でレビュー) 2001: 16カ年[1982-1997] 49基	2009: 21カ年[1982-2002] 49基 2014: 26カ年[1982-2007] 55基 2016: 29カ年[1982-2010] 56基	2020: 7カ年[2004-2010] 27基
推定手法 *特徴	最尤法 *故障0件は0.5件扱い。 * χ^2 90%信頼区間を不確かさ分布の90%信用区間とみなす。	階層ベイズ手法(MCMC) *実際の故障件数のうち平均4割が収集されると仮定。 (データ収集確率)	階層ベイズ手法(経験ベイズ)
データ収集 推定手法の 主な参考文献	<ul style="list-style-type: none"> NUERG/CR-1205 LER Data Summaries NUREG/CR-2815 NREP Guide IEEE Std. 500 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 NUREG/CR-6823 Parameter Handbook 	<ul style="list-style-type: none"> NUREG/CR-6823 Parameter Handbook NUREG/CR-6928 Industry-Average Performance EPRI Data Collection Guide

*1 NICS: NUCIAの前身システム / *2 NUCIA: Nuclear Information Archives run by JANSI(JANTI)

国内10カ年・16カ年一般機器故障率と 当時の米国(海外)一般機器故障率との比較



90年代後半の一般故障率の値は 非常に低かった

- **国内一般機器故障率は、当時の米国の一般機器故障より一桁以上低いものが多かった（前ページ）。**
- **当時の評価値は原安協の調査報告書で国内に広く知られるようになった。**
「日本の故障率は海外のものより著しく低い」との強い印象が残る？
- **国内機器故障データの収集方法に対する疑義**
「NICS/NUCIA*に登録されていない故障情報があるのではないか？」
* NICS/NUCIA：原子力施設の異常事象を事業者が登録するデータベース。
法令報告事象、事業者間で自主的に共有する保全情報などを収録。
- **電中研はNUCIAデータ登録当事者ではないため、上記疑義を払拭するすべがなかった。**

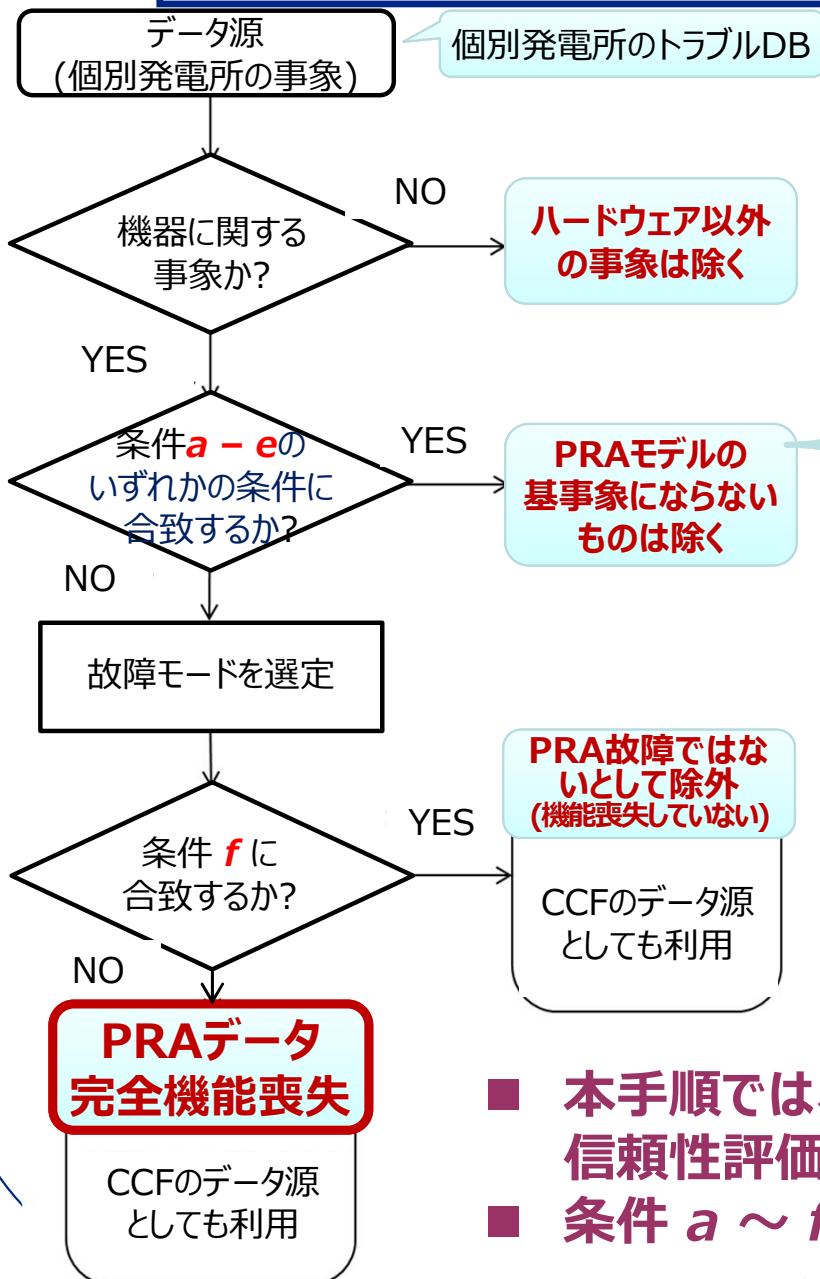
ベイズ推定の導入 (2009-, JANTI/JANSI)

- 最尤法 ⇒ **ベイズ統計手法** (MCMC階層ベイズ)
 - **プラント間ばらつき**を考慮した故障率不確かさ分布を想定
 - **故障件数の不確かさ**を想定
⇒ 「故障件数を平均して6割見逃している」という想定
 - 少数のデータに対して複雑過ぎた階層モデル
⇒ **MCMCの収束性に難**
 - データ収集方法は従来と同じ (**NUCIA故障データ**)

データ収集方法の改善 (2020-, NRRC)

- 疑念を生む要因であるデータ収集方法を改善
- 機器故障情報源を NUCIA から **個別プラントの保守記録** へ
 - PRAに必要な機器故障情報を確実に収集するため
 - PRAで扱わない事象・PRA機器故障として扱わない事象をスクリーンアウト（次ページ）
- **対象機器母集団を個別プラントPRAモデルの基事象で明確に定義**
(次々ページ)
- 故障判定基準を米国の方法にあわせて一部見直し
- 経験ベイズ手法によりモデルの複雑化・計算収束性の問題を回避

機器故障判定プロセス



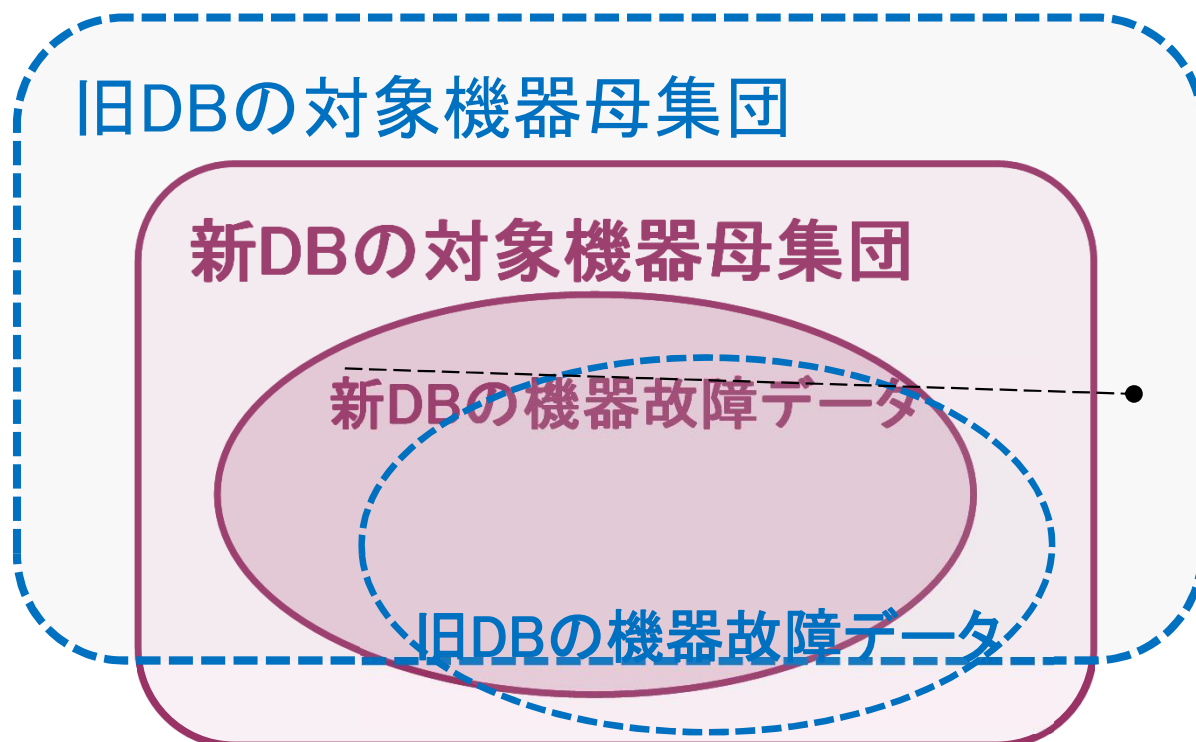
対象機器と機器バウンダリ・故障モードを定義

- a:** PRA機器バウンダリ外での故障を除外
[このような故障はプラントリスクに影響しない]
- b:** 誤操作による故障を除外
[このような事象はHRAで扱う]
- c:** 機器機能要求がないときに発生した事象を除外
- d:** 外部事象による故障を除外
[このような事象は当該外部事象のPRAで考慮する]
- e:** PRAに必要な機能と関係のない事象を除外
- f:** 対象機器の完全機能喪失ではない事象を除外
[劣化、予兆、一過性の不具合]

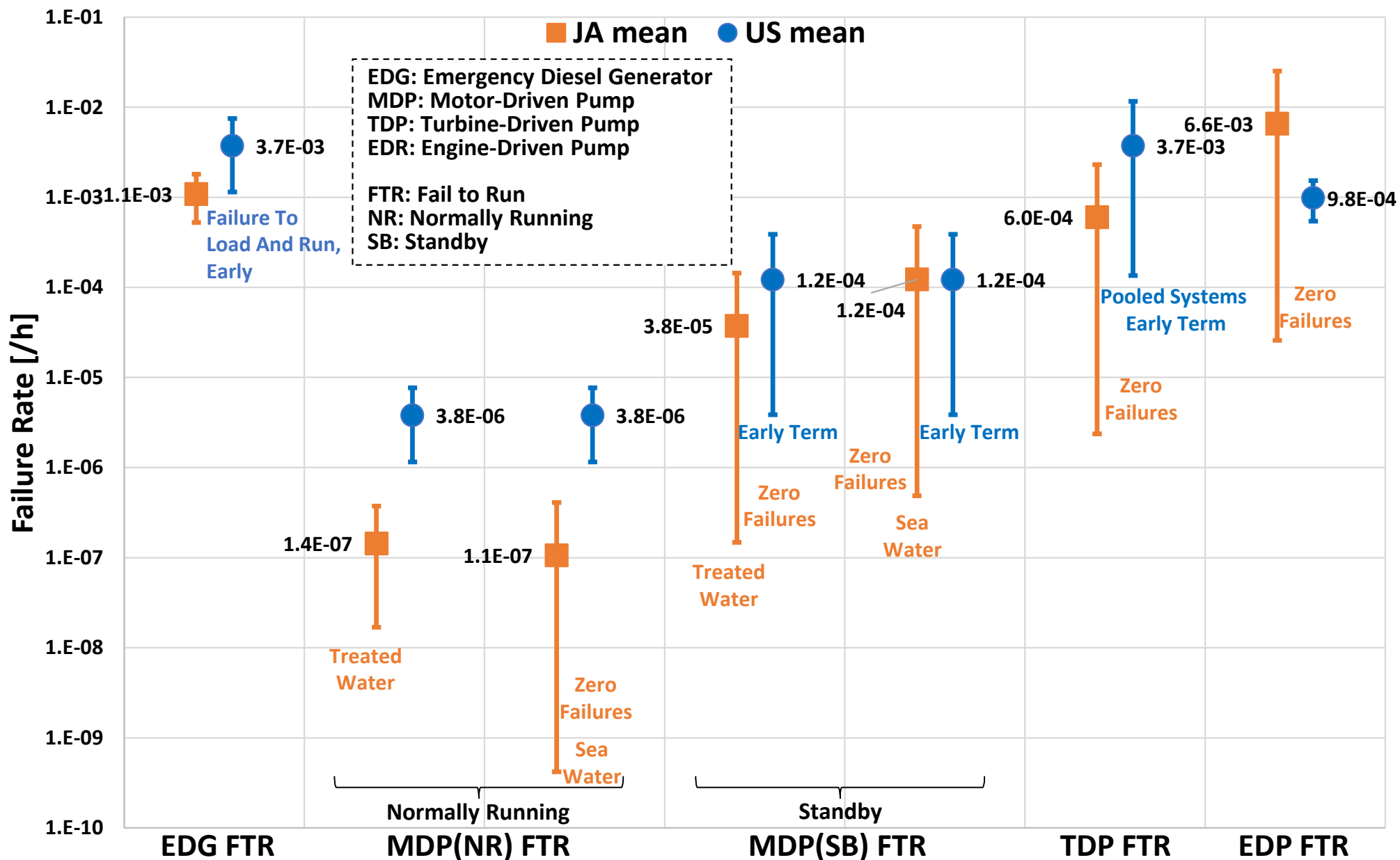
- 本手順では、PRAの基事象にならない事象を除外して、PRA信頼性評価に用いる機器故障情報を抽出する。
- 条件 a ~ f に従って不要な事象の除外を行う。

収集対象機器母集団の明確化

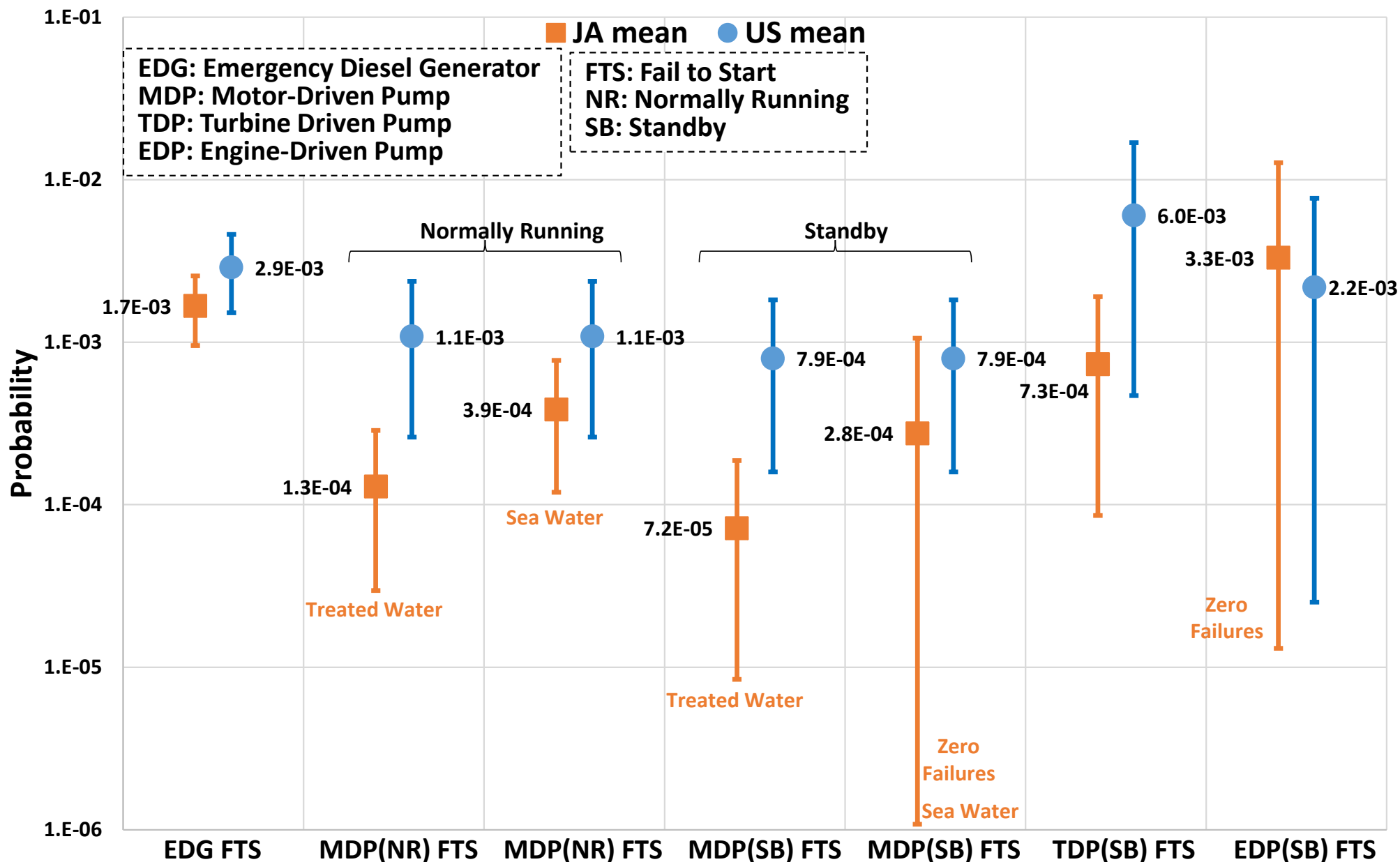
- 旧方法（NICS/NUCIA情報源）では対象機器母集団が不明確
 - 対象機器母集団内の故障データがすべて収集されていることが保証できない可能性あり
- 新方法では対象機器母集団を明確に定義



日米時間故障率比較



日米デマンド故障確率比較



今後の主要な改善点

■ データ収集対象機種・故障モードの拡大

- PRAモデル範囲外の機器からも有用な機種・故障モード情報を収集
- 他プラントまたは他炉型に有用な機種・故障モード情報も収集
- 将来のモデル詳細化に伴う機種・故障モードの追加

■ 故障判定基準解釈の評価者間でのばらつき抑制

- NRRC主催事業者間相互レビューによる事業者故障判定の確認と是正（必要に応じて）
- 上記結果に基づくデータ収集ガイド技術要件記載の明確化

■ 故障率/故障確率推定方法の改善

- 待機機器デマンド故障確率の推定には「待機故障モデル」ではなく「デマンド故障モデル」を使用。前者は過小評価の可能性があるため。
- プラント間のばらつきの詳細評価

まとめ

- **PRA用機器故障データをもれなく収集するしくみを構築**
 - 情報源は発電所の運転保守記録
 - 技術的に妥当な故判定基準
 - PRAに必要な対象機器母集団を明確に定義

- **日本の故障率/故障確率は米国の値に比べおおむね低いが、ほぼ一桁以内。日本のほうが大きいものもある。**
 - ⇒ この程度の差異は十分にありうる。
 - ⇒ 日本の値は米国の値と同程度であれば“正しいデータ”というわけではない。

- **原子力規制庁・米国専門家レビューの指摘事項を参考に今後もデータ収集・評価の改善に努める。**